

Сравнительный анализ качества технической воды ответственных потребителей, применяемых методов продувки, очистки СТВОП на площадках ОП АЭС

Порівняльний аналіз якості технічної води відповідальних споживачів, застосовуваних методів продувки, очищення СТВОП на майданчиках ВП АЕС

Comparative analysis of the quality of industrial water of responsible consumers, the applied methods of purging, cleaning STVOP at the sites of OP AES

Научный руководитель – доцент кафедры “Технологии воды и топлива”,

Чиченин В. В., Чиченін В. В., Chichenin V. V.

Студент – Яткевич А. С., Yatkevich A. S.

Аннотация: В статье представлен сравнительный анализ качества технической воды ответственных потребителей на АЭС Украины. Показано, что за счет подпитки умягченной на Na-катионитовых. фильтрах добавочной водой наилучшее качество оборотной воды СТВОП достигнуто на ОП ЮУАЭС. В результате периодичность очистки теплообменников САОЗ составляет менее 1 раза в 4 года. Предложен метод сокращения затрат на производство умягченной воды.

Ключевые слова: Водно-химический режим, система технической воды ответственных потребителей, брызгальные бассейны, система обработки добавочной воды.

Анотація: У статті представлений порівняльний аналіз якості технічної води відповідальних споживачів на АЕС України. Показано, що за рахунок підживлення пом'якшеної на Na-катіонітових. фільтрах додатковою водою найкраща якість оборотної води СТВВС досягнуто на ВП ЮУАЕС. В результаті періодичність очищення теплообмінників САОЗ становить менше 1 разу на 4 роки. Запропоновано метод скорочення витрат на виробництво пом'якшеної води.

Ключові слова: Водно-хімічний режим, система технічної води відповідальних споживачів, брызгальні басейни, система обробки додаткової води.

Annotation: Statistic submissions have a vivid analysis of the technical and technical requirements of AES of Ukraine. It is shown, what for rahunok p_zhivlennya pom'yaksheno na Na-kationitovih. Filtra dodatnoy water naikrasha yakist circulating water STVVS reached at VP UUAES. As a result, the periodically cleared heat exchangers of the ECCS become less than 1 time per 4 rock. The method of shortened vitrates to virobnozis of water was propounded.

Key word: Water – chemical regime, industrial water system for responsible consumers, spray pools, additional water treatment system.

1. Загальні положення.

Якість оборотної та додаткової води системи технічної води відповідальних споживачів (СТВВС) нормується СОУ НАЕК 067.2013 [1]. Внаслідок випаровування, концентрування води в бризкальних басейнах (ББ) та попадання домішок з навколишнього середовища якість оборотної води СТВОП погіршується. Нормована якість оборотної води СТВВС забезпечується за рахунок продувки та підживлення ББ додатковою водою. Від якості додаткової води залежить підтримання якості оборотної води в нормованих межах. Якість води в джерелах водопостачання в різних регіонах України сильно розрізняються.

Це накладає обмеження на можливість вибір способу підготовки води для заповнення втрат в різних системах охолодження електростанцій. На АЕС України прийняті різні способи підготовки цієї води для підживлення СТВВС [2,3].

2 Стан ВХР СТВВС ВП ЗАЕС

Карбонатна жорсткість в оборотній воді 1–4 блоків СТВВС перевищує нормовану величину, що є причиною утворення карбонатних відкладень солей жорсткості в теплообмінниках СТВВС (табл. 1).

Таблиця. 1. Хімічні показники оборотної води СТВВС ВП ЗАЕС за 2018 рік

№ п/п	Показник якості та одиниці вимірювання	Діапазон допустимих значень	ЗАЕС 1-4	ЗАЕС 5-6
1.	рН, од.	> 6,5 < 8,5	8,4	8,4
2	Жорсткість загальна, мг-е/дм ³	<7,0	4,1	4,4
3.	Жорсткість карбонатна, мг-е/дм ³	<2,5	2,6	2,89
4.	Хлорид-іон, мг-дм ³	<150	36,6	38,8
5.	Сульфат-іон, мг-дм ³	<500	60,1	61,9
6.	Фосфат-іон, мг-дм ³	<4,0	<0,25	<0,25
7.	Зважені речовини, мг-дм ³	<50	27,6	45,6
8.	Нітрат-іон, мг-дм ³	<40	4,2	4,6

9.	Нітрит-іон, мг-дм ³	<15	<0,03	<0,03
10.	Загальний солевміст, мг-дм ³	<800	317	339

Таке становище обумовлено тим, що Жк перевищує значення 2,5 мг-екв/д³ (рис.1б) в основному джерелі підживлення скидному каналі ЗаТЕС, а також в додатковій воді очисні споруди господарсько-побутових стоків (ОС ГПС).

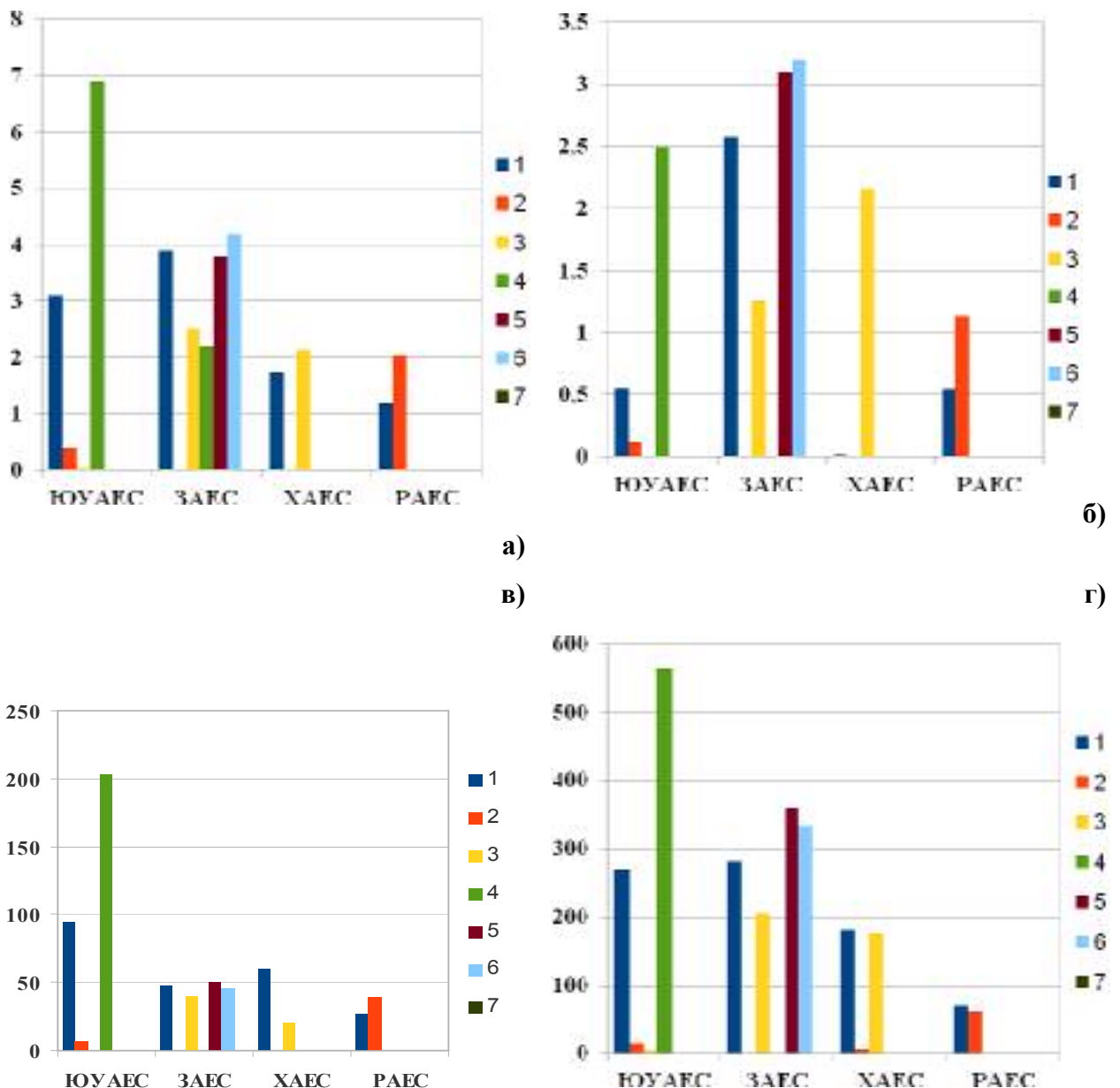


Рис 1. Величини: а) жорсткість загальна, б) жорсткість карбонатна, в) сульфати, г) солевміст додаткової води СТВВС АЕС України

- | | |
|---|---------------------------------------|
| 1: ЮУАЕС–пом'якшена вода ХВО; | 4: ЗАЕС–освітлена вода ХВО; |
| 2: ЮУАЕС–вода із БГК; | 5: ЗАЕС-1-4–ОС ГПС; |
| 3: ЮУАЕС–вода контрольних баків СК СВО;3: | 6: ЗАЕС-5-6– ОС ГПС. |
| 4: ЮУАЕС–вода ОС ГПС. | 1: ХАЕС–освітлена вода ХВО; |
| 1: ЗАЭС–скидний канал ТЕС; | 2: ХАЕС–конденсат СК; |
| 2: ЗАЕС–вода контрольних баків СК СВО; | 3: ХАЕС–ОС ГПС. |
| 3: ЗАЕС–дренажі | 1: РАЕС-1-2–освітлена вода після ХВО; |
| | 2: РАЕС-3-4–освітлена вода після ХВО. |

Проблема водно хімічного режиму (ВХР) СТВВС ВП ЗАЕС полягає у відсутності проектного джерела додаткової води з концентрацією домішок менше нормованої, що дозволяє при невеликих обсягах підживлення забезпечити нормовану якість оборотної води СТВВС [4].

Основне проектне джерело підживлення СТВВС — скидний канал ЗаТЕС. Останнім часом СТВВС частково підживлюється освітленою водою хімводоочищення (ХВО), але частка цього підживлення в 2018 році склала 1,7%. В результаті цього навіть велика витрата підживлення більше 500 тис. м³ на 1 енергоблок не приводить до підтримки якості оборотної води в нормованих межах.

Періодичність очищення теплообмінників системи аварійного охолодження зони (САОЗ) становить від 1 разу на 4 роки до 1 разу на рік. ВП ЗАЕС доцільно переходити на очистку теплообмінників САОЗ 1 раз в рік, з огляду на стан теплообмінників та зазначені проблеми з теплообміном в теплообмінниках аварійного розхолодження.

3. Стан ВХР СТВВС ВП ЮУАЕС

Всі показники якості оборотної води всіх систем СТВВС не перевищують нормованих величин внаслідок хорошої якості додаткової пом'якшеної води СТВВС (табл.2).

Таблиця. 2. Хімічні показники оборотної води СТВВС ВП ЮУАЕС за 2018 рік

№ п/п	Показники якості та одиниці вимірювання	Діапазон допустимих значень	Градирні ЮУАЕС-1	Градирні ЮУ АЕС-2	Бризкальні басейни ЮУ АЕС-3
1.	рН, од.	> 6,5 < 8,5	7,9	8,0	8,3
2	Жорсткість загальна, мг-е/дм ³	<7,0	6,3	6,5	6,2
3.	Жорсткість карбонатна, мг-е/дм ³	<2,5	1,8	1,9	2,3
4.	Хлорид-іон, мг-дм ³	<150	120	132	121
5.	Сульфат-іон, мг-дм ³	<500	308	328	267

6.	Фосфат-іон, мг-дм ³	<4,0	<0,3	<0,3	<0,3
7.	Зважені речовини, мг-дм ³	<50	20,6	20,6	20,5
8.	Нітрат-іон, мг-дм ³	<40	22,5	23,7	13,6
9.	Нітрит-іон, мг-дм ³	<15	<0,03	<0,03	<0,03
10.	Загальний солеміст, мг-дм ³	<800	578	618	598

Згідно з проектом підживлення СТВВС здійснювалася освітленою водою ХВО, що не забезпечувало якість оборотної води внаслідок високої концентрації солей у вихідній воді р. Південний Буг. Деякий час СТВВС підживлювався навіть знесоленою водою, що ефективно, але дорого. Після реконструкції ХВО в 2011 році освітлювачі на ХВО були виведені з роботи, а для підживлення СТВВС і тепломережі була створена пом'якшувальна установка за такою схемою: дозування коагулянту у вихідну воду; фільтрація на механічних фільтрах; видалення солей жорсткості на катіонітових фільтрах; дегазація катіонітової води в дегазатор; коригування рН гідроксидом натрію після катіонування. Якість пом'якшеної води при відносно невеликих обсягах підживлення СТВВС 137 тис. м³ на 1 енергоблок забезпечує нормовану якість оборотної води СТВВС, мінімізацію карбонатних і мулистих відкладень в теплообмінниках [5].

Періодичність очищення теплообмінників САОЗ становить від 1 разу на 4 роки, що є достатнім, враховуючи якість оборотної води СТВВС і стан ТОАР (за результатами розгляду фотографій, представлених ВП ЮУ АЕС).

Витрати на виробництво пом'якшеної води перевищують витрати на виробництво освітленої води. Слід розглянути можливість зниження витрат на приготування пом'якшеної Na-катіонітової води за рахунок збільшення фільтроцикла на Na-катіонітовому фільтрі.

4. Стан ВХР СТВПС ВП РАЕС

Карбонатна жорсткість в оборотній воді СТВВС енергоблоків РАЕС не перевищує нормовану величину 2,5 мг-екв/дм³ (для СТВВС РАЕС-1,2) і 6,0 мг-екв/дм³ (рис.1б) (для СТВВС РАЕС-3,4) (табл. 3).

Таблиця. 3. Хімічні показники оборотної води СТВВС ОП РАЕС за 2018 рік

№ п/п	Показники якості та одиниці вимірювання	Діапазон допустимих значень	РАЕС-1,2	Оборотна вода РАЕС-3	РАЕС-4
1.	рН, од.	>6,5 <8,5	8,1	8,5	8,5
2.	Жорсткість загальна, мг-е/дм ³	<7,0	2,2	5,1	5,1
3.	Жорсткість карбонатна мг-е/дм ³	<2,5(<6,0*)	1,0	2,8	2,8
4.	Хлорид-іон, мг-дм ³	<150	19	46	48

5.	Сульфат-іон, мг-дм ³	<500	35	118	120
6.	Фосфат-іон, мг-дм ³	<4,0	0,10	0,13	0,11
7.	Зважені речовини, мг- дм ³	<50	7,1	20	19
8.	Нітрат-іон, мг-дм ³	<40	6,8	9,07	9
9.	Нітрит-іон, мг-дм ³	<15	0,03	0,03	0,03
10.	Загальний солеміст, мг-дм ³	<800	97	206	226
Примітка: * - при обробці додаткової води ОЕДФК					

Граничне значення карбонатної жорсткості при обробці додаткової води СТВВС оксиетилідендифосфонова кислота (ОЕДФК) (РАЕС-3,4) становить 6,0 мг-екв/дм³. За показниками якості оборотної води СТВВС РАЕС-3,4 періодично фіксуються відхилення за значеннями водневого показника і жорсткості загальної. Відхилення ВХР усуваються протягом дозволеного в [1] часу — шляхом організації продувки ББ. Відхилень показників якості додаткової і оборотної води СТВВС РАЕС-1,2 не зафіксовано.

Проектний режим підживлення СТВВС РАЕС-1-3 пом'якшеною водою на На-катіонітових фільтрах не реалізований, підживлення СТВВС РАЕС-1,2 проводиться освітленою водою ХВО, а СТВВС РАЕС-3,4 пом'якшеною водою системи обробки додаткової води (СОДВ) з стабілізаційною обробкою ОЕДФК і сірчаною кислотою [6].

Показники якості додаткової води СТВВС РАЕС–3,4 не перевищують нормовані значення (рис 1) , за винятком показника зважені речовини, що пов'язано з відсутністю механічної фільтрації додаткової води СОДВ.

Періодичність очищення теплообмінників САОЗ РАЕС-1,2–1 раз в 4 роки, РАЕС-3,4 становить 1 раз на рік.

5. Стан ВХР СТВВС ВП ХАЕС

Карбонатна жорсткість в оборотній воді СТВВС енергоблоків ХАЕС-1,2 (рис.16) перевищує нормовану величину (табл. 4).

Таблиця. 4. Хімічні показники оборотної води СТВВС ОП РАЕС за 2018 рік

№ п/п	Показники якості та одиниці вимірювання	Діапазон допустимих значень	ХАЕС-1-2
1.	рН. од.	> 6,5 < 8,5	8,42
2.	Жорсткість загальна, мг-е/дм ³	<7,0	5,72
3.	Жорсткість карбонатна, мг-е/дм ³	<2,5	2,7
4.	Хлорид-іон, мг-дм ³	<150	20,16
5.	Сульфат-іон, мг-дм ³	<500	214,51
6.	Фосфат-іон, мг-дм ³	<4,0	0,357
7.	Зважені речовини, мг-дм ³	<50	27,5
8.	Нітрат-іон, мг-дм ³	<40	4,22

9.	Нітрит-іон, мг-дм ³	<15	0,059
10.	Загальний солевміст, мг-дм ³	<800	748,6

Основною додатковою водою СТВВС 79% за проектом і в даний час є освітлена вода ХВО, яка відповідає нормам якості додаткової води. Річний обсяг підживлення становить 137 тис. м³ на 1 енергоблок, що не забезпечує нормовану якість оборотної води по карбонатній жорсткості.

Періодичність очищення теплообмінників САОЗ становить 1 раз на рік.

Таким чином, кращу якість оборотної води СТВВС досягнуто в ВП ЮУ АЕС за рахунок підживлення СТВВС пом'якшеною додатковою водою. Виробництво такої води вимагає додаткових витрат на хімічні реагенти, однак забезпечує стабільну роботу теплообмінників САОЗ при їх очищенні не частіше 1 разу на 4 роки.

Якість циркуляційної та додаткової води СТВВС, періодичність очищення 1-2 рази на рік ТОАР ВП ЗАЕС не забезпечує стабільну роботу теплообмінників САОЗ.

Якість циркуляційної та додаткової води СТВВС, періодичність очищення 1 раз в рік ТОАР ВП РАЕС, ВП ХАЕС забезпечує стабільну роботу теплообмінників САОЗ.

Якість додаткової води ОС ГПС ВП АЕС за деякими показниками перевищує або близько до нормованих величин і містить фосфати, які сприяють біобростанню СТВВС.

Шламкові відкладення в ББ чистять під час зупинки після дренажування води. У ВП ХАЕС змонтована та експлуатувалася система очищення (драги) від механічних домішок води з ББ "на ходу". Однак вона фізично застаріла і в даний час не використовується.

Література

1. СОУ НАЕК 067.2013 "Водно-химический режим системы технического водоснабжения ответственных потребителей АЭС с ВВЭР. Общие требования".
2. Кишневский В.А. Технологии подготовки воды в энергетике.//В.А. Кишневский // Одесса: 2008, - 311 с.
3. Кишневский В.А. Системы обработки воды в энергетике.//В.А. Кишневский // Одесса: 2003, - 108 с.
4. Кардасевич,О.О. Водні режими теплових і атомних електростанцій.// О.О. Кардасевич // Одеса: ОНПУ, 2005, 133 с.
5. Ковальчук В.И., Козлов И.Л., Основы обращения с радиоактивными отходами на атомных электростанциях. - Одесса: Бахва, 2013. – 184 с.
6. Воронов В. Н. Химико-технологические режимы АЭС.//В. Н. Воронов, Б. М. Ларин, В. А. Сенина//Москва: издательский дом МЭИ, 2006, - 398 с.